

证 明

1304/52495

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

MAILED 01 DEC. 2004

WIPO PCT

申 请 日: 2003. 11. 26 ✓

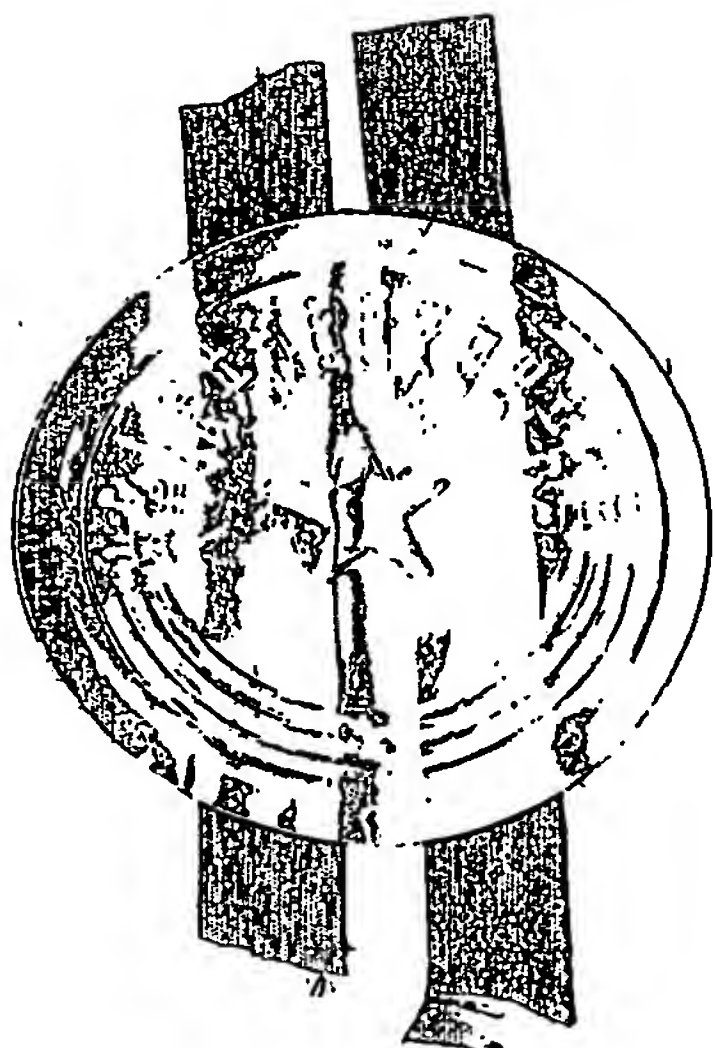
申 请 号: 2003101207241 ✓

申 请 类 别: 发明

发明创造名称: 一种光盘刻写参数的优化方法及装置

申 请 人: 皇家飞利浦电子股份有限公司

发明人或设计人: 陶靖、唐福龙、陈殿勇、赫尔特·拉格朗日



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 荣 川

2004 年 10 月 10 日

BEST AVAILABLE COPY

权利要求书

1. 一种光盘刻写参数的优化装置, 包括:
一个获取装置, 用于获取标记游程长度的变化量;
一个确定装置, 用于确定刻写参数的调整量; 和
一个调整装置, 用于调整所述的刻写参数值。
2. 如权利要求 1 所述的装置, 进一步包括一个判断装置, 用来判断是否需要进行优化。
3. 一种光盘刻写参数的优化方法, 包括步骤:
(a) 获取标记游程长度的变化量;
(b) 根据标记游程长度的变化量与刻写参数的调整量之间的关系, 确定刻写参数的调整量; 和
(c) 调整所述的参数值。
4. 如权利要求 3 所述的方法, 其中步骤(b)进一步包括:
(b1) 根据标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量之间的关系, 确定标记物理长度的变化量;
(b2) 根据标记物理长度的变化量与刻写参数的调整量之间的关系, 确定刻写参数的调整量。
5. 如权利要求 4 所述的方法, 其中步骤(b1)中的标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量之间的关系包括:
标记物理长度的变化量对标记游程长度的变化量的影响关系。
6. 如权利要求 5 所述的方法, 其中所述的标记物理长度的变化量对标记游程长度的变化量的影响关系包括:
标记物理长度的变化量与标记游程长度的变化量以及标记物理长度的变化量对标记游程长度的变化量的影响程度表征量之间的关系。
7. 如权利要求 6 所述的方法, 其中所述的影响程度表征量包括:
标记物理长度的变化量对标记游程长度的变化量的影响系数。
8. 如权利要求 3 所述的方法, 其中所述的刻写参数包括多个刻写参数。
9. 如权利要求 7 所述的方法, 其中所述的标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量之间的关系包括关系式

$$\begin{bmatrix} dPhyL_1 \\ dPhyL_2 \\ dPhyL_3 \\ \vdots \\ dPhyL_j \\ \vdots \\ dPhyL_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1M} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \cdots & v_{2j} & \cdots & v_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & v_{i3} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{iM} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & v_{N3} & \cdots & v_{Nj} & \cdots & v_{NM} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta MarkRL_1 \\ \Delta MarkRL_2 \\ \vdots \\ \Delta MarkRL_i \\ \vdots \\ \Delta MarkRL_N \end{bmatrix},$$

其中, 要优化的刻写参数为 $j=1, 2, \cdots M$;

$dPhyL_j$ 表示受第 j 个要优化的刻写参数直接影响的标记物理长度的变化量;

$\Delta MarkRL_i$ 表示测得的第 i 个标记游程长度的变化量;

变换矩阵中的系数 v_{ij} 是影响系数, 表示参数 j 对标记 i 的影响, 当参数 j 对标记 i 有直接影响时, $v_{ij} = -jp + 1$, 当参数 j 对标记 i 没有直接影响时, $v_{ij} = -jp$;

jp 表示受第 j 个要优化的刻写参数直接影响的标记的样本数量在全部标记的样本数量中所占的百分比。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 其中所述的影响系数变换矩阵的行列式不等于零, 表示为

$$\det \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1M} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \cdots & v_{2j} & \cdots & v_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & v_{i3} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{iM} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & v_{N3} & \cdots & v_{Nj} & \cdots & v_{NM} \end{bmatrix} \neq 0.$$

11. 如权利要求 4 所述的方法, 其中步骤(b2)包括步骤:

(b2.1) 针对要优化的刻写参数(r), 用多个参数值(P_r)进行刻写实验;

(b2.2) 测量受该刻写参数(r)直接影响的标记(s)的游程长度的变化量 $\Delta MarkRL_s$, 得到它与该参数值(P_r)之间的函数关系 $\Delta MarkRL_s = f_1(P_r)$;

(b2.3) 测量该刻写参数(r)不直接影响的标记(t)的游程长度的变化量 $\Delta MarkRL_t$, 得到它与该参数值(P_r)之间的函数关系 $\Delta MarkRL_t = f_2(P_r)$;

(b2.4) 将步骤(b2.2)的结果与步骤(b2.3)的结果相减, 得到标记物理长度的变化量($dPhyL_r$)与要优化的参数值(P_r)之间的关系 $dPhyL_r = \Delta MarkRL_s - \Delta MarkRL_t = f_1(P_r) - f_2(P_r) = f_{1-2}(P_r) = f(P_{r0} + dP_r)$ (其中 P_{r0} 为刻写参数(r)的初始值, dP_r 为参数值的变化量)。

12. 如权利要求 3 所述的方法, 其中进一步包括步骤:

在所述光盘上刻写一段随机数据。

13. 如权利要求 3 所述的方法，其中进一步包括步骤：

将获得的各个标记游程长度的变化量与预定的优化目标进行比较，确定是否需要继续优化。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其中进一步包括步骤：

当无需继续优化时，将当前的参数值定为执行刻写的参数值。

15. 如权利要求 3-14 任一所述的方法，其中所述的刻写参数包括激光脉冲的功率。

16. 如权利要求 3-14 任一所述的方法，其中所述的刻写参数包括激光脉冲的起止时间。

17. 如权利要求 3-14 任一所述的方法，其中所述的光盘刻写采用方形激光刻写策略、“狗骨架”波形刻写策略、“1T 刻写策略”或“2T 刻写策略”。

说明书

一种光盘刻写参数的优化方法及装置

技术领域

本发明涉及一种光盘刻写参数的优化方法，尤其涉及一种同时优化光盘刻写的多个参数的方法及其装置。

背景技术

如今，光盘系统凭借其相对低廉的成本和巨大的容量已经成为多媒体影音信息与大量数据的理想载体。现有的光盘分为：使用 EFM (Eight to Fourteen Modulation) 编码规则的 CD (Compact Disc) 光盘；使用 EFM+ 编码规则的 DVD 光盘；使用 17PP 编码规则的 BD (Blu-Ray) 光盘；以及其它一些并不普及的光盘。其中每一种又可以分为：只读 (Read-Only) 光盘、一次记录 (Recordable) 光盘和可重写 (Rewritable) 光盘。

对于一次记录光盘和可重写光盘，数据是由记录激光刻写出的标记 (Mark) 以及标记间的空区 (Space) 代表的。由于它们对聚焦的读取激光具有不同的反射率，从而产生高频调制信号。模拟的高频信号经过交流耦合后被送入二进制信号裁切器 (Slicer)，通过与裁切门限电平 (Slice Level) 比较转换为二进制数据，得到分别对应于光盘上的标记和空区的标记电平和空区电平。再通过与时钟信号的耦合，就能得到各个标记和空区的游程长度 (Runlength)，从而进一步恢复出记录的原始数据。

原始数据的恢复是由裁切后得到的标记游程长度和空区游程长度决定的，但最终是由刻写的标记物理长度决定的。因为空区物理长度是由与其相邻的两个标记物理长度决定的，所以刻写的标记物理长度的准确度决定了读取的标记游程长度和空区游程长度的偏差量，从而决定了光盘刻写的质量。

为了精确地刻写光盘，依据光盘种类的不同，发展了很多种不同的刻写策略：适用于一次记录 CD-R 光盘的方形激光波型刻写策略；适用于一次记录 DVD 光盘的开始和结尾部分采用较高功率的“狗骨架 (dog-bone)”波型刻写策略；适用于低速 (10 倍速以下) CD-RW 光盘的“1T 刻写策略”；适用于高速相变介质光盘的“2T 刻写策略”；此外，还有适用于其它各种光盘的相应刻写策略。每一种刻写策略是由若干不同种类的激光脉冲按照一定次序组成的。通常，不同的标记采用不同的激光脉冲序列进行刻写，其中相同种类的激光脉冲采用相同的字母表示。每个种类的激光脉冲又都包含脉冲高度 (即功率) 和脉冲宽度 (由开始时

间与结束时间决定)两个参数。在实际刻写过程中,如果刻写参数发生变化,就会最终影响到数据记录的质量。

图 1 显示了一种在超速(Ultra Speed)CD-RW 系统中使用的“2T 刻写策略”中用于 24 倍速下刻写 3T、4T 和 5T 标记的激光脉冲模式。如图 1 所示,这种“2T 刻写策略”中每个 T 的时间被均匀地分成 8 个时间分度(这里 1 个时间分度为 1.206ns),即刻写策略是由相同宽度的激光脉冲构成的序列,每个时间分度的激光脉冲的高度由不同的字母表示。具体的激光脉冲模式如下:

```

3T 标记
eeewwww wwwbbbb bbbceeee
4T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbddee
5T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbbbb wwwwww bbbffeee

```

其中,字母 w 表示刻写功率;e 表示擦除功率;b 表示冷却功率;参数 c、d、f 分别是用于精确调整 3T、4T、5T 标记的后沿的脉冲,具体功率可以依照情况进行优化设定。

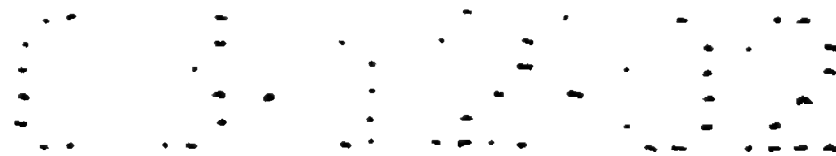
在光盘刻写过程中,为了得到精确的标记物理长度,从而准确地恢复原始数据,需要对刻写参数进行优化,即对刻写策略中激光的脉冲功率和/或脉冲起止时间进行优化。

传统的刻写参数优化方法都集中于刻写功率和擦除功率的优化,因为特定刻录条件下的最佳刻写功率和擦除功率是由光盘和驱动器的匹配共同决定的。

对于一次记录光盘和低速可重写光盘,传统技术只对刻写功率进行校正,具体的技术细节已经作为光盘标准加以公布。在正式刻写光盘前,驱动器根据光盘标准所规定的 OPC (Optimum Power Control) 步骤搜寻最佳的刻写功率。在每张光盘的 ATIP (Absolute Time In Pregroove) 信息里包含了刻写策略涉及的激光脉冲参数优化的初始值。驱动器以这个优化的初始值作为出发点,按照 OPC 的步骤进行 GAMMA 信号测量,找到最佳刻写功率。而最佳擦除功率不需要独立进行校正,因为 ATIP 信息里也包含了这种光盘的最佳擦除功率与最佳刻写功率的比例。详细的 OPC 步骤可以参考 CD-R 和 CD-RW 的橙皮书标准。

对于多倍速刻录光盘,光盘驱动器存有一张查找用的表格。因为光盘和驱动器之间存在各种差异,这张查找用的表格需要容纳尽可能多光盘的刻写参数值。具有该表格的驱动器能通过查找该表格方便的找到适用于某种特定光盘的刻写参数的优化值。

然而对于高速可重写光盘,例如超速 CD-RW、可重写 DVD 光盘以及可重写蓝光光盘,将不得不采用 2T 或更复杂的刻写策略。由于至少有四个激光脉冲功率或脉冲宽度需要进行优化,而光盘上的 ATIP 码又没有包含这些参数的优化信息;同时,这些参数随驱动器的光电



结构和刻录环境的不同而变化，因此驱动器必须自行优化这些参数。对于一张未知的光盘，如何快速灵活地优化刻写参数是一个巨大的挑战。

传统的针对高速可重写光盘的参数优化方法主要包括：由 B.Tieke 和 F.Tang 提出的基于数据对数据抖动或数据对时钟抖动的测量来优化刻写功率的方法；由 Willem Geurtzen 提出的基于 Beta 测量优化擦除功率的方法；以及 F.Tang 提出的基于数据对数据抖动或数据对时钟抖动的测量来优化擦除功率的方法。这些方法只能优化刻写功率或者擦除功率。

然而，还没有任何一种传统的刻写参数优化方法能适用于各种刻录光盘类型（包括各种一次记录或可重写光盘）和不同的刻写策略。尤其是还没有任何针对标记游程长度，同时优化多个激光脉冲参数的方法，使各个符号(Symbol)的标记游程长度尽可能地接近精确的标记游程长度（如光盘标准规定的标准标记长度）。通过使各个标记的游程长度标准化，从而使得空区的游程长度也标准化，得到较小的标记和空区长度或位置抖动(Jitter)，达到低的误码率，最终得到准确的原始数据。

综上所述，传统的优化方法存在诸多问题。因此，需要提供一种适用于各种情况的光盘刻写参数的优化方法，以同时优化多个刻写参数。

发明内容

本发明的目的是提供一种能够得到精确的标记游程长度的光盘刻写参数优化方法及装置。本发明的进一步目的是提供能够同时优化多个光盘刻写参数的优化方法。

为此，本发明提供了一种光盘刻写参数的优化装置，包括：一个获取装置，用于获取标记游程长度的变化量；一个确定装置，用于确定刻写参数的调整量；和一个调整装置，用于调整所述的刻写参数值。

本发明还提供了一种光盘刻写参数优化方法，包括步骤：获取标记游程长度的变化量；根据标记游程长度的变化量与参数的调整量之间的关系，确定参数的调整量；调整所述参数值。

在本发明中，确定了参数的调整量对标记游程长度的变化量的影响。

通过本发明提供的优化方法及装置，就可以同时对多个刻写参数进行优化，从而得到精确的标记游程长度。

附图说明

图 1 是超速 CD-RW 系统中用于刻写 3T、4T、5T 标记的“2T 刻写策略”的激光脉冲模

式;

图 2 是光盘刻录系统中获取标记游程长度的示意图;

图 3 是由于高频信号的变化引起的裁切电平再平衡的示意图;

图 4 是依据本发明的光盘刻写参数优化装置的结构图;

图 5 是依据本发明的一个优选实施例的工作流程图;

图 6、7、8 分别是为确定参数 c 、 d 、 f 的强度 (ns/mW) 所作的多次实验和测量;

图 9 是对 3T、4T、5T 标记的游程长度偏差进行一次优化后的结果, 这里系统设定的优化目标是标准规定的各标记的标准长度。

具体实施方式

为了提供一种能够同时优化多个刻写参数的优化方法, 发明人仔细研究了光盘刻写中参数变化影响标记游程长度的原因。通过分析, 清楚地表明了传统的优化方法局限于单一参数优化的原因, 同时为新的优化方法提供了思路。

图 2 是光盘刻录系统中获取标记游程长度的示意图, 用来说明刻写参数变化影响标记游程长度的原因。

在一次记录或可重写光盘的刻写过程中, 刻写装置 110 根据刻写参数的设置在光盘上刻写出标记。相邻标记之间成为空区。标记和空区具有各自的物理长度, 由刻写参数决定。

当光盘上的标记 (Mark) 与空区 (Space) 被读取装置 120 读出时, 就会产生高频调制信号。该高频调制信号对应着标记物理长度和空区物理长度。通过二进制信号裁切装置 140 将来自读取装置 120 的高频信号与来自裁切电平确定装置 130 的裁切门限电平 (Slice Level) 比较, 转换为二进制数据, 就得到标记电平和空区电平。最后由游程长度测量装置 160 根据内部或外部的时钟装置 150 产生的时钟信号对来自二进制信号裁切装置 140 的标记电平和空区电平进行测量, 就能得到标记和空区的游程长度。

上述过程中使用的裁切门限电平由裁切电平确定装置 130 依据二进制信号裁切装置 140 反馈的标记电平和空区电平加以确定, 并且不断动态地变化。其原理是, 裁切电平确定装置在其内部对裁切后得到的二进制数据的游程长度进行积分。一般, 空区的游程长度的值取正, 而标记游程长度的值取负。“DSV (DigitalSumValue) 趋向最小”原理将对裁切门限电平施加负反馈控制作用, 使其电平位置保证所有空区的游程长度之和趋近于所有标记的游程长度之和。这样, 当高频信号发生变化后, 就会导致裁切门限电平的再平衡。

图 3 给出了上述由于高频信号的变化引起裁切电平再平衡过程的更清晰的图像。图中,

实线表示再平衡前的稳定状态，虚线表示再平衡后的状态。 S_0 、 S_1 分别是再平衡前后的高频信号， L_0 、 L_1 分别是再平衡前后的裁切门限电平。 dS 是读出的高频信号发生的变化， Δh 是因此造成的裁切门限电平的移动量。由于高频信号由 S_0 改变 dS 到 S_1 位置，裁切门限电平会相应的由 L_0 移动 Δh 到 L_1 位置。

这样，由于刻写参数的变化 (dP_j)，标记物理长度会发生相应的变化 ($dPhyL_j$)。标记物理长度的变化以及空区物理长度的变化，又会引起高频信号发生变化。由于高频信号的变化，测得的标记游程长度也相应地变化 ($\Delta MarkRL_i$)。然而，标记游程长度不仅与高频信号有关，还与裁切电平有关。而裁切电平本身也受高频信号影响。

这意味着某一个刻写参数的变化，不仅会引起与其对应的标记的游程长度变化，而且所有其他标记的游程长度也会受到影响。因此测得的标记游程长度的变化量并非真实的标记物理长度的变化量。结果是，测量到的标记游程长度依赖于所有的刻写参数的设置（例如 CD 系统中 3T 标记的物理长度变化将影响 6T 标记的游程长度的观测值）。

本发明中所指的标记或空区的物理长度或游程长度是指在一次测试中某种标记或空区的多个物理长度或游程长度样本被平均后的长度，用来衡量长度的整体效果，从而去除了热干扰和测量噪音等的影响。

正是由于每一参数的变化都会最终影响所有的标记游程长度，而传统的方法又不能预期两个或更多个参数同时变化对标记游程长度的复杂影响。因此，传统的优化方法局限在单一参数的优化上。当涉及多个参数时，或者无能为力，或者只能将其简化为分别执行各个参数的优化。

本发明在仔细研究多个参数与标记游程长度的影响后，针对标记游程长度，创造性的提出了同时优化多个参数的优化方法。具体内容在下面所举的实施例中将做详细的描述。

图 4 是本发明的光盘刻写参数优化装置的一个实施例的示意图。该优化装置 200 包括：一个获取装置 210，用于获取标记游程长度的变化量；一个确定装置 230，用于确定刻写参数的调整量；和一个调整装置 240，用于调整所述的刻写参数值。

执行优化时，由获取装置 210 根据来自游程长度测量装置 160 的标记游程长度，获取标记游程长度的变化量；而后由确定装置 230 根据标记游程长度变化量与刻写参数整量的关系，确定刻写参数的调整量；最后，由调整装置 240，根据确定装置 230 确定的刻写参数调整量调整所述的刻写参数值。这样就能使标记游程长度达到规定的优化目标。

本发明的光盘刻写参数优化装置还可以包括一个判断装置 220，用来判断是否需要进

优化。因此，执行优化时，获取装置 210 获取标记游程长度的变化量后，由判断装置 220 进行判断，确定是否需要进行优化。

如果已经达到优化目标规定的标记游程长度，那么无需由该装置进行优化，可以直接由传统的刻写装置进行刻写。如果需要优化，则由确定装置 230 确定刻写参数的调整量；最后，再由调整装置 240 根据确定装置 230 确定的刻写参数调整量，调整所述的刻写参数值。这样就能使标记游程长度达到优化目标。

上述装置可以适用于一次记录或可重写的 CD、DVD 或蓝光光盘。

通过该装置可以执行本发明的优化方法中的各个过程，从而对多个激光脉冲的功率或者起止时间进行同时优化，使标记游程长度达到优化目标。

下面结合附图与实施例详细阐明本发明的优化方法。

本发明的光盘刻写参数优化方法的实施例 A 是在一种超速(Ultra Speed)CD-RW 光盘上进行的光盘刻写的多参数优化。优化过程在 24 倍速下刻写，10 倍速下读取测量。优化过程采用按 EFM 编码规则产生的随机数据序列，使用如表一所示的“2T 刻写策略”来控制标记的刻写。

表一 实施例 A 中使用的刻写策略

3T 标记	eeewwww wwwbbbb bbbcceee
4T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbdde
5T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbbbb wwwwww bbbffee
6T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww Wbbggee
7T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbb wwwwww bbbheee
8T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbggee
9T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbb wwwwww bbbheee
10T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbggee
11T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbb wwwwww bbbheee

其中，字母 w 表示刻写功率，e 表示擦除功率，b 表示冷却功率，g 和 h 为预先定义的功率，参数 c 是用于精确调整所有 3T 标记的后沿的功率，参数 d 是用于精确调整所有 4T 标记的后沿的功率，参数 f 是用于精确调整所有 5T 标记的后沿的功率。

开始优化前，确定需要进行优化的参数。考虑到 3T、4T 和 5T 标记对于电信号的位探测

而言有极关键的作用，因为它们总共占有所有标记的样本数量的 70%，且它们的频率较高，所以确定优化的参数为 c、d 和 f，使 3T、4T 和 5T 标记达到精确的标记游程长度。

在本例中确定的优化目标是光盘标准规定的标记游程长度，因为是在 10 倍速下读取测量，因此 3T 标记的优化目标是 69.45ns（纳秒），4T 标记的优化目标是 92.6ns，5T 标记的优化目标是 115.75ns，并且设允许的误差范围为 $\pm 0.5\text{ns}$ 。

具体的优化流程如图 5 所示。开始优化后，首先执行步骤 S10，为各个刻写参数设定初始值。

对于不进行优化的参数，其参数值是预先定义的。根据 OPC 步骤后确定的刻写功率 $P_w = 40\text{mW}$ ，擦除功率 $P_e = 8\text{mW}$ ，冷却功率 $P_b = 0.1\text{mW}$ ，g 和 h 的功率 $P_g = P_h = 4\text{mW}$ 。

P_c ， P_d 和 P_f 是要进行优化的参数 c、d 和 f 的功率，它们的初始值可以在驱动器允许的范围内随机选定。为了减少优化过程的工作量，通常选定为擦除功率的一半，即在本例中采用的初始值为 $P_c = P_d = P_f = 4\text{mW}$ 。

而后执行步骤 S20，根据参数的当前值在光盘的优化功率校正 (OPC) 区域刻写一段根据 EFM 编码规则产生的随机数据。

完成后执行步骤 S30，测量所写的数据的标记游程长度，并用 3T、4T 和 5T 标记的游程长度优化目标分别减去测得的 3T、4T 和 5T 标记的游程长度，得到 3T、4T 和 5T 标记游程长度的偏差量，这也是需要的 3T、4T 和 5T 标记游程长度的变化量，如图 9 中的标记◆所示。3T 标记游程长度变化量为 $\Delta\text{MarkRL3T} = 1.58\text{ns}$ ，4T 标记游程长度变化量为 $\Delta\text{MarkRL4T} = -1.86\text{ns}$ ，5T 标记游程长度变化量为 $\Delta\text{MarkRL5T} = -1.15\text{ns}$ 。图 9 中，当测得的标记游程长度与各标记游程长度的优化目标值一致时为 0。

进行判断步骤 S40，确定是否需要进行优化。本例中，优化过程中设定的允许误差范围为 $\pm 0.5\text{ns}$ ，比较显示 3T、4T 和 5T 标记游程长度偏差量均超过了优化目标允许的误差范围，因此需要进行优化。

执行步骤 S51、S52，根据步骤 S30 得到标记游程长度的变化量，确定要优化参数的调整量。

其中在步骤 S51 中，根据标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量之间的关系

$$\begin{bmatrix} d\text{PhyLc} \\ d\text{PhyLd} \\ d\text{PhyLf} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.03 & 0.73 & 0.57 \\ 1.03 & 1.73 & 0.57 \\ 1.03 & 0.73 & 1.57 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\text{MarkRL3T} \\ \Delta\text{MarkRL4T} \\ \Delta\text{MarkRL5T} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (1)}$$

可以确定需要的 3T、4T 和 5T 标记的物理长度的变化量

$$\begin{bmatrix} dPhyLc \\ dPhyLd \\ dPhyLf \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.03 & 0.73 & 0.57 \\ 1.03 & 1.73 & 0.57 \\ 1.03 & 0.73 & 1.57 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1.58 \\ -1.86 \\ -1.15 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.197 \\ -2.243 \\ -1.533 \end{bmatrix}$$

即 $dPhyLc = 1.197\text{ns}$, $dPhyLd = -2.243\text{ns}$, $dPhyLf = -1.533\text{ns}$ 。

然后执行步骤 S52, 根据需要的标记物理长度的变化量确定各参数的功率调整量。

根据标记物理长度的变化量与参数间的关系 $dP_r = dPhyL_r / K_r$, 结合系数 $Kc = -0.83 (\text{ns/mW})$, $Kd = -1.27 (\text{ns/mW})$, $Kf = -1.05 (\text{ns/mW})$ 可以得到需要的功率调整量 $dPc = dPhyLc / Kc = 1.197 / -0.83 = -1.442\text{mW}$, $dPd = -2.243 / -1.27 = 1.766\text{mW}$, $dPf = -1.533 / -1.05 = 1.46\text{mW}$ 。

得到功率调整量后, 执行步骤 S60, 调整各参数的功率设定值。将各参数的功率值调整为 $Pc = 4 - 1.442 = 2.558\text{mW}$, $Pd = 4 + 1.766 = 5.766\text{mW}$, $Pf = 4 + 1.46 = 5.46\text{mW}$ 。

然后跳回步骤 S20, 重新进行刻写测试。测量其标记游程长度, 判断是否达到系统设定的优化目标。将 3T、4T 和 5T 标记的游程长度优化目标分别减去测得的 3T、4T 和 5T 标记的游程长度, 得到 3T、4T 和 5T 标记游程长度的调整量, 结果如图 9 中标记■所示。在图 9 中, 标记◆所示的是没有优化时的标记游程长度调整量, 标记■所示的是一次优化后的标记游程长度调整量。

执行判断步骤 S40, 结果显示为 $\Delta MarkRL3T = 0.105\text{ns}$, $\Delta MarkRL4T = -0.05\text{ns}$, $\Delta MarkRL5T = -0.198\text{ns}$, 可见 3T、4T 和 5T 标记游程长度的调整量显著减小。上述结果表明, 经过一次优化之后就达到了系统设定的优化目标范围, 不必再重复优化步骤。

达到优化目标后, 就可以执行步骤 S70, 用优化后的各参数功率值进行正式的刻写过程。

在上述优化过程中, 步骤 S51 中所采用的标记游程长度变化量与标记物理长度变化量之间的关系 Eq. (1) 是由以下步骤确定的。

首先, 确定在涉及多个刻写参数时标记物理长度变化量与标记游程长度变化量之间的关系, 其原理如下所述。

一般地, 需要进行优化的刻写参数 j 共 M 个, 为 $j=1, 2, \dots, M$; 用符号 P_j 表示参数 j 的设定值, dP_j 表示参数 j 的参数值变化量; 由 dP_j 所分别引起的受参数 j 直接影响的标记的物理长度的变化量为 $dPhyL_j$ ($j=1, 2, \dots, M$); 经信号裁切器裁切后测量到的标记游程长度的变化量为 $\Delta MarkRL_i$ ($i=1, 2, \dots, N$)。其中, 标记 i 是标准允许的标记类型, 例如对于采用 EFM 编

码规则 CD 光盘系统, i 可以是 3T, 4T...11T 标记, 分别用标记 $i=1, 2\cdots 9$ 表示。

可以将参数变化量与标记游程长度的变化量间的关系表示为:

$$\begin{array}{llll}
 dP_1 & \rightarrow & dPhyL_1 & \Delta MarkRL_1 \\
 dP_2 & \rightarrow & dPhyL_2 & \Delta MarkRL_2 \\
 \dots & & \dots & \dots \\
 dP_j & \rightarrow & dPhyL_j & \Delta MarkRL_j \\
 \dots & & \dots & \dots \\
 dP_M & \rightarrow & dPhyL_M & \Delta MarkRL_M
 \end{array} \quad \Longrightarrow$$

上述过程在背景技术中已经结合附图 2 加以详细说明。通过仔细研究引起标记游程长度发生变化的原因, 可以得到标记物理长度变化量与标记游程长度变化量之间的关系。

对于工作中的二进制信号裁切器, 通常裁切门限电平经过一个短暂的过渡时期将趋于稳定, 由于裁切器相对于高频信号而言具有很大的时间常数, 因此在一段时间内可以将裁切门限电平认为是一个恒定的电平。并且, 一般情况下被读出的高频信号对于所有的标记和台阶具有相同的上升沿和下降沿, 它们在裁切门限电平附近是线性的, 它们的斜率的绝对值是“K”。

进一步, 考虑到不同的标记 i 的样本数量对裁切门限电平的变化会做出不同的影响, 因此定义权重系数 j_p 描述标记的样本数量分布, j_p 指示受参数 j 直接影响的标记的样本数量占有所有标记的样本数量的百分比。通常, 当采用按编码规则产生的随机数据进行优化时, 分布权重系数与编码规则有关; 当采用用户自定义的数据进行优化时, 分布权重系数与编码规则无关。

当裁切门限电平位于其平衡位置的初始状态时, 如果对参数 j 引入变化量 dP_j , dP_j 所引起的对应标记的物理长度的变化量为 $dPhyL_j$, 从而读出的高频信号将发生变化, 根据“DSV 趋向最小”原理, 裁切门限电平将移动 Δh 以补偿裁切后测得的所有标记的游程长度总和的变化量, 最终使测得的所有标记的游程长度都会发生变化 $\Delta MarkRL_i$ 。下面的方程 Eq. (2) 用来表示图 3 中的裁切门限电平的再平衡的结果。

$$dPhyL_1 \times 1p + \dots + dPhyL_j \times jp + \dots + dPhyL_M \times Mp = -(\Delta h/K) \times 2 \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{或写为通式 } \sum_{j=1}^M dPhyL_j \times jp = -(\Delta h/K) \times 2$$

而测得的标记 i 的游程长度的变化量可以由真实的标记物理长度的变化量及裁切门限电平的移动通过下面的方程 Eq. (3) 来表示。

$$\Delta MarkRL_i = (\Delta h/K) \times 2 + \sum_{j=1}^M e_{ij} \times dPhyL_j \quad \text{Eq. (3)}$$

其中, e_{ij} 为影响系数, 当参数 j 对标记 i 有直接影响时 $e_{ij}=1$, 当参数 j 对标记 i 无直接影响时 $e_{ij}=0$ 。

结合方程 Eq. (2) 和 Eq. (3) 能够得到下述的涉及多个刻写参数的标记物理长度变化量与标记游程长度变化量间的变换关系 Eq. (4)。

$$\begin{bmatrix} \Delta \text{MarkRL}_1 \\ \Delta \text{MarkRL}_2 \\ \vdots \\ \Delta \text{MarkRL}_i \\ \vdots \\ \Delta \text{MarkRL}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1M} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \cdots & v_{2j} & \cdots & v_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & v_{i3} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{iM} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & v_{N3} & \cdots & v_{Nj} & \cdots & v_{NM} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d\text{PhyL}_1 \\ d\text{PhyL}_2 \\ d\text{PhyL}_3 \\ \vdots \\ d\text{PhyL}_j \\ \vdots \\ d\text{PhyL}_M \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (4)}$$

其中, 变换矩阵的系数 $v_{ij} = -jp + e_{ij}$ 。

而后, 将上述的变换关系逆变换, 得到标记游程长度变化量与标记物理长度变化量间的关系。具体方法为:

当 $M=N$, 并且变换矩阵在数学上非奇异时, 即变换矩阵的行列式不等于零时,

$$\text{表示为 } \det \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1M} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \cdots & v_{2j} & \cdots & v_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & v_{i3} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{iM} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & v_{N3} & \cdots & v_{Nj} & \cdots & v_{NM} \end{bmatrix} \neq 0$$

对 Eq. (4) 逆变换, 得到涉及多个刻写参数的标记游程长度变化量与标记物理长度变化量间的关系, 表示为

$$\begin{bmatrix} d\text{PhyL}_1 \\ d\text{PhyL}_2 \\ d\text{PhyL}_3 \\ \vdots \\ d\text{PhyL}_j \\ \vdots \\ d\text{PhyL}_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1M} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \cdots & v_{2j} & \cdots & v_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & v_{i3} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{iM} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & v_{N3} & \cdots & v_{Nj} & \cdots & v_{NM} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \text{MarkRL}_1 \\ \Delta \text{MarkRL}_2 \\ \vdots \\ \Delta \text{MarkRL}_i \\ \vdots \\ \Delta \text{MarkRL}_N \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (5).}$$

在本实施例中, 用符号 dPc 表示参数 c 的功率变化量, dPd 表示参数 d 的功率变化量, dPf 表示参数 f 的功率变化量。符号 $d\text{PhyLc}$ 表示由 dPc 引起的 3T 标记的物理长度的变化量, $d\text{PhyLd}$ 表示由 dPd 引起的 4T 标记的物理长度的变化量, $d\text{PhyLf}$ 表示由 dPf 引起的 5T 标记的物理长度的变化量。 $\Delta \text{MarkRL}_{3T}$ 表示测得的 3T 标记的游程长度的变化量,

$\Delta\text{MarkRL4T}$ 表示 4T 标记的游程长度的变化量, $\Delta\text{MarkRL5T}$ 表示 5T 标记的游程长度的变化量。

于是根据 Eq. (2) 可以得到裁切门限电平后再平衡方程:

$$d\text{PhyLc} \times cp + d\text{PhyLd} \times dp + d\text{PhyLf} \times fp = -(\Delta h/K) \times 2$$

根据方程 Eq. (3), 裁切后测得的 3T、4T 和 5T 标记的游程长度的变化量可表示为

$$\Delta\text{MarkRL3T} = (\Delta h/K) \times 2 + d\text{PhyLc}$$

$$\Delta\text{MarkRL4T} = (\Delta h/K) \times 2 + d\text{PhyLd}$$

$$\Delta\text{MarkRL5T} = (\Delta h/K) \times 2 + d\text{PhyLf}$$

因此, 对应于 Eq. (4) 的涉及参数 c 、 d 和 f 的 3T、4T 和 5T 标记的物理长度变化量与 3T、4T 和 5T 标记的游程长度变化量的关系为

$$\begin{bmatrix} \Delta\text{MarkRL3T} \\ \Delta\text{MarkRL4T} \\ \Delta\text{MarkRL5T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -cp+1 & -dp & -fp \\ -cp & -dp+1 & -fp \\ -cp & -dp & -fp+1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d\text{PhyLc} \\ d\text{PhyLd} \\ d\text{PhyLf} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (6)}$$

本实施例采用的是 EFM 编码规则, 产生的随机数据序列中的标记样本数量分布是大致恒定的。本实施例的优化过程中采用的是一个包含 25000 个标记的随机数据序列, 其中各标记的样本数量分布如表二所列。

表二 根据 EFM 规则的标记样本数量分布

nT	3T	5T	7T	9T	11T
N	7660	4310	1758	884	662
%	30.64	17.24	7.032	3.536	2.648

因此, 可以定义 3 个权重系数来描述 3T、4T 和 5T 标记的样本分布情况。
 $cp=7660/25000=0.31$ 指示受参数 c 直接影响的 3T 标记的样本数量所占的百分比,
 $dp=5514/25000=0.22$ 指示受参数 d 直接影响的 4T 标记的样本数量所占的百分比,
 $fp=4310/25000=0.17$ 指示受参数 f 直接影响的 5T 标记的样本数量所占的百分比。代入 Eq. (6) 后得到

$$\begin{bmatrix} \Delta\text{MarkRL3T} \\ \Delta\text{MarkRL4T} \\ \Delta\text{MarkRL5T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.69 & -0.22 & -0.17 \\ -0.31 & 0.78 & -0.17 \\ -0.31 & -0.22 & 0.83 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d\text{PhyLc} \\ d\text{PhyLd} \\ d\text{PhyLf} \end{bmatrix}$$

因为变换矩阵的行列式不等于零, 即 $\det \begin{bmatrix} 0.69 & -0.22 & -0.17 \\ -0.31 & 0.78 & -0.17 \\ -0.31 & -0.22 & 0.83 \end{bmatrix} \neq 0$

经矩阵逆变换后可得到对应于 Eq. (5) 的变换关系:

$$\begin{bmatrix} dPhyLc \\ dPhyLd \\ dPhyLf \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.69 & -0.22 & -0.17 \\ -0.31 & 0.78 & -0.17 \\ -0.31 & -0.22 & 0.83 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta MarkRL3T \\ \Delta MarkRL4T \\ \Delta MarkRL5T \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} dPhyLc \\ dPhyLd \\ dPhyLf \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.03 & 0.73 & 0.57 \\ 1.03 & 1.73 & 0.57 \\ 1.03 & 0.73 & 1.57 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta MarkRL3T \\ \Delta MarkRL4T \\ \Delta MarkRL5T \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (1)}$$

这就是步骤 S51 中所用的标记游程长度变化量与标记物理长度变化量间的关系 Eq. (1)。

步骤 S52 中所采用的标记物理长度变化量与刻写参数值的变化量之间的关系 $dP_r = dPhyL_r / K_r$ 以及系数 $Kc = -0.83 \text{ (ns/mW)}$ 、 $Kd = -1.27 \text{ (ns/mW)}$ 、 $Kf = -1.05 \text{ (ns/mW)}$ 是由以下步骤确定的。

首先，确定某个刻写参数 r 与标记物理长度变化量的关系。

当仅有参数 r 从设定值 P_r 变化 dP_r 时，此时 $dP_r \neq 0$ 且 $dP_x = 0 \text{ (} x=1, 2, \dots, M, x \neq r \text{)}$ ，除受参数 r 直接影响的标记的物理长度变化量 $dPhyL_r \neq 0$ 外，其它标记的物理长度不会变化，即 $dPhyL_x = 0$ 。如果受参数 r 直接影响的标记为 s ，其游程长度的变化量为 $\Delta MarkRL_s$ ；另一个不受该参数 r 直接影响的标记为 t ，其游程长度的变化量为 $\Delta MarkRL_t$ 。

由 Eq. (3) 可以得到如下方程，来描述测得的标记游程长度的变化量：

$$\Delta MarkRL_s = (\Delta h / K) \times 2 + dPhyL_r$$

$$\Delta MarkRL_t = (\Delta h / K) \times 2$$

$$\text{因此, } \Delta MarkRL_s = \Delta MarkRL_t + dPhyL_r,$$

$$dPhyL_r = \Delta MarkRL_s - \Delta MarkRL_t \quad \text{Eq. (7)}$$

通常情况下，激光脉冲参数 r 的变化量与受其影响的标记的物理长度的变化量之间的关系可以表示成 $dPhyL_r = f(dP_r)$ 。

为了得到标记物理长度的变化量与激光脉冲参数的变化量之间的关系，逐次改变 P_r ，进行多次刻写实验。然后测量标记游程长度的变化量，可以得到标记游程长度的变化量与激光脉冲参数之间的关系：

$$\Delta MarkRL_s = f_1(P_r), \Delta MarkRL_t = f_2(P_r),$$

通过结合 Eq. (7) 就能得到：

$$dPhyL_r = \Delta MarkRL_s - \Delta MarkRL_t = f_1(P_r) - f_2(P_r) = f_{1-2}(P_r).$$

将激光脉冲参数的初始值 P_{r0} 代入就能得到激光脉冲参数 r 的变化量 dP_r 与标记物理长

度的变化量 $d\text{PhyL}_r$ 之间的关系

$$d\text{PhyL}_r = f_{1-2}(P_r) = f_{1-2}(P_{r0} + dP_r) = f(dP_r)$$

根据需要的标记物理长度的变化量 $d\text{PhyL}_r$ 和激光脉冲参数的初始值 P_{r0} ，就可算出需要的激光脉冲参数的变化量 dP_r 。

对于常见的刻录光盘，通过合理定义刻写策略的参数（激光脉冲的功率或起止时间），可以使得在一定范围内，该参数与受其直接影响的标记物理长度的变化量的关系近似为线性关系，从而可以定义 $\Delta\text{MarkRL}_s = K_1 \times dP_r$ 和 $\Delta\text{MarkRL}_t = K_2 \times dP_r$ 。

于是 Eq. (7) 变为

$$d\text{PhyL}_r = K_1 \times dP_r - K_2 \times dP_r = (K_1 - K_2) \times dP_r \equiv K_r \times dP_r \quad \text{Eq. (8)}$$

逆变换后得到 $dP_r = d\text{PhyL}_r / K_r$ 。其中，强度系数 K_r 用于指示激光脉冲参数 r 的变化量所引起的受其直接影响的标记的物理长度的变化量，从而可以方便地用于优化计算。

最后，确定系数 K_r 。

在本实施例中，需要确定各个刻写参数的系数 K_c 、 K_d 、 K_f (ns/mW)，即 3T、4T 和 5T 标记后沿的激光脉冲参数值的变化量所引起的 3T、4T 和 5T 标记的物理长度的变化量。

为此，根据步骤 S10 确定的各参数的初始值，逐次改变 c 、 d 和 f 的功率值进行一系列的刻写实验。然后测量 3T、4T 和 5T 标记的游程长度相对于优化目标的变化量，所得的测量结果如图 6、7、8 所示，并拟合出它们的线性趋势线。而后基于线性趋势线的斜率计算各参数的强度系数。

在针对参数 c 所作测量的结果图 6 中，考虑到 4T 和 5T 的标记游程长度的变化量相对于参数 c 是一样的，为消除测量误差，取它们斜率的平均值作为 K_2

得到 $K_1 = -0.58$ (ns/mW)、 $K_2 = -0.25$ (ns/mW)

根据 Eq. (8)， $K_c = K_1 - K_2 = -0.58 - 0.25 = -0.83$ (ns/mW)，

同样的，可以从图 7、图 8 得到 $K_d = -1.27$ (ns/mW)， $K_f = -1.05$ (ns/mW)。

因此得到标记物理长度变化量与刻写参数值变化量之间的关系 $dP_r = d\text{PhyL}_r / K_r$ 以及强度系数 $K_c = -0.83$ (ns/mW)、 $K_d = -1.27$ (ns/mW)、 $K_f = -1.05$ (ns/mW)。

进一步，本发明并不局限于以上描述的实施例，还可有各种变化。

这种多参数同时优化的思想也可适用于其它一次记录或可重写的 CD、DVD 和蓝光光盘系统，如 DVD+R 和 DVD+RW 刻录系统或 BD-RW 刻录系统等。

适用的刻写策略可以是方形激光刻写策略、“狗骨架”刻写策略、“1T 刻写策略”

或 " 2T 刻写策略 " 等。

进行优化的刻写参数不仅可以是激光脉冲的功率，也可以是激光脉冲的起止时间，即保持某个刻写策略的激光脉冲功率不变，而去优化它的激光脉冲的起止时间，同样可以精确调整标记的前沿或后沿，使标记游程长度达到优化目标。

下面简略介绍本发明的几种变化实施例，用来说明本发明适用于各种情况下的刻写参数优化。其中与实施例 A 相同或显而易见的变化不再详述。

本发明的优化方法的实施例 B 是在与实施例 A 相同的光盘上进行的光盘刻写的多参数优化。区别在于，使用如表三所示的 "2T 刻写策略" 来控制标记的刻写。

表三 实施例 B 中使用的刻写策略

3T 标记
eeewwww wwwbbbb bbcccee
4T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbdde
5T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbffee
6T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbggee
7T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbhhee
8T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbhhee
9T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbhhee
10T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbhhee
11T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbhhee

其中，字母 w 表示刻写功率，e 表示擦除功率，b 表示冷却功率，h 为预先定义的功率，参数 c 是用于精确调整所有 3T 标记的后沿的功率，参数 d 是用于精确调整所有 4T 标记的后沿的功率，参数 f 是用于精确调整所有 5T 标记的后沿的功率，参数 g 是用于精确调整所有 6T 标记的后沿的功率。

其中，要进行优化的参数为 c、d、f 和 g，用来分别精确地调整所有 3T、4T、5T 和 6T 标记的后沿，使它们达到精确的标记游程长度。

因此，根据表二所示的 EFM 编码规则的标记样本数量分布，可以定义 4 个权重系数来描述 3T、4T、5T 和 6T 标记的样本分布情况。cp=0.31 指示受参数 c 直接影响的 3T 标记的样本数量所占的百分比，dp=0.22 指示受参数 d 直接影响的 4T 标记的样本数量所占的百分比，fp=0.17 指示受参数 f 直接影响的 5T 标记的样本数量所占的百分比，gp=0.10 指示受参

数 g 直接影响的 6T 标记的样本数量所占的百分比。

因此，对应于 Eq. (1) 表示的标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量的变换关系为：

$$\begin{bmatrix} dPhyLc \\ dPhyLd \\ dPhyLf \\ dPhyLg \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.69 & -0.22 & -0.17 & -0.10 \\ -0.31 & 0.78 & -0.17 & -0.10 \\ -0.31 & -0.22 & 0.83 & -0.10 \\ -0.31 & -0.22 & -0.17 & 0.90 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta MarkRL3T \\ \Delta MarkRL4T \\ \Delta MarkRL5T \\ \Delta MarkRL6T \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (9)}$$

使用与实施例 A 相同的方法就可以对参数 c 、 d 、 f 和 g 同时进行优化，在此不再详述。

进一步，本发明中受标记受某个参数直接影响的标记的权重系数不限于按编码规则产生，也可以由用户自定义，此时分布权重系数与编码规则无关。本发明的优化方法的实施例 C 应用于与实施例 B 相同的刻写的多参数优化。

实施例 C 允许用户自由定义用于优化实验的数据，则描述 3T、4T、5T 和 6T 标记的样本分布情况的 4 个权重系数为 $cp=0.3$ ， $dp=0.2$ ， $fp=0.1$ ， $gp=0.05$ ，分别指示受参数 c 、 d 、 f 和 g 直接影响的标记的样本数量所占的百分比。

因此，对应于 Eq. (9) 表示的标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量的变换关系为：

$$\begin{bmatrix} dPhyLc \\ dPhyLd \\ dPhyLf \\ dPhyLg \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.7 & -0.2 & -0.1 & -0.05 \\ -0.3 & 0.8 & -0.1 & -0.05 \\ -0.3 & -0.2 & 0.9 & -0.05 \\ -0.3 & -0.2 & -0.1 & 0.95 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta MarkRL3T \\ \Delta MarkRL4T \\ \Delta MarkRL5T \\ \Delta MarkRL6T \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (10)}$$

使用相同的方法就可以对参数 c 、 d 、 f 和 g 同时进行优化。

本发明的优化方法的实施例 D 是在与实施例 A 相同的光盘上进行的光盘刻写的多参数优化，使用如表四所示的“2T 刻写策略”来控制标记的刻写。

表四 实施例 D 中使用的刻写策略

3T 标记
eeewwww wwwbbbb bbbbeeee
4T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbee
5T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbbbbwww bbbbeeee
6T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbggee
7T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbbwww bbbhheee

8T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbhhee
9T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbhheee
10T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbhhee
11T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbwwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbhheee

这里，字母 w、e、b、g 和 h 的定义与实施例 A 是相同的。区别在于，定义参数 c 为控制 3T 标记后沿的擦除功率 e 的起始时间，用于精确调整所有 3T 标记的后沿；参数 d 为控制 4T 标记后沿的擦除功率 e 的起始时间，用于精确调整所有 4T 标记的后沿；参数 f 为控制 5T 标记后沿的擦除功率 e 的起始时间，用于精确调整所有 5T 标记的后沿。

要进行优化的参数 c、d 和 f 的初始值为表四所示的时间，即距离末端分别为 4 个时间分度、2 个时间分度和 3 个时间分度，这里 1 个时间分度为 1.206ns。

因此，可以使用与 Eq. (1) 相同的标记游程长度的变化量到标记物理长度的变化量的变换关系：

$$\begin{bmatrix} dPhyLc \\ dPhyLd \\ dPhyLf \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.03 & 0.73 & 0.57 \\ 1.03 & 1.73 & 0.57 \\ 1.03 & 0.73 & 1.57 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta MarkRL3T \\ \Delta MarkRL4T \\ \Delta MarkRL5T \end{bmatrix}$$

但步骤 52 中需要重新确定刻写标记物理长度变化量与参数值的变化量之间的关系，即某个刻写参数的强度系数(ns/ns)，也就是这个参数的起始时间的变化量(ns)所引起的其直接影响的标记物理长度的变化量(ns)。它们同样可以通过实验获得。

因此，根据实施例 A 所使用的方法，显而易见可以对多个激光脉冲的持续时间（即脉冲宽度）同时进行优化。

本发明的优化方法的实施例 E 应用于使用 EFM+编码规则的可重写 DVD 光盘系统中。
对于一次记录或可重写的 DVD 光盘系统，若采用按 EFM+编码规则产生的随机数据序列进行优化过程，需注意每两个 14T 的游程长度被手工地插在固定的距离上，而其它标记的样本数量分布也是大致恒定的，如表五所列，所以权重系数也要做相应的变化。

表五 根据 EFM+规则的标记样本数量分布

nT	3T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T
%	14.77	10.11	6.87	3.2	1.49			

根据实施例 A 所使用的方法，显而易见可以应用于 DVD 光盘上进行的刻写的多参数优化。

进一步，本发明还可以适用于对某种标记的一部分进行优化的方法。

本发明的优化方法的实施例 F 是在与实施例 A 相同的光盘上进行的光盘刻写的多参数优化。区别在于，使用如表六所示的“2T 刻写策略”来控制标记的刻写。

表六 实施例 F 中使用的刻写策略的基本部分

3T 标记	eeewwww wwwbbbb bbbbeeee
4T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbee
5T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbbeeee
6T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbeeee
7T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbeeeeee
8T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbeeee
9T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbeeeeee
10T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbeeee
11T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbeeeeee

特别地，使用表七所示的激光脉冲模式控制紧接 3T 空区的 3T、4T 和 5T 标记的刻写

表七 实施例 F 中使用的刻写策略的特殊部分

(3T 空区)3T 标记	eeewwww wwwbbbb bbbceeee
(3T 空区)4T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbbde
(3T 空区)5T 标记	eeewwww wbbbbbbb bbbbbbww wwwwwwb bbbbftee

表六、表七中，字母 w 表示刻写功率，e 表示擦除功率，b 表示冷却功率，参数 c 是用于精确调整紧接 3T 空区的 3T 标记的后沿的功率，参数 d 是用于精确调整紧接 3T 空区的 4T 标记的后沿的功率，参数 f 是用于精确调整紧接 3T 空区的 5T 标记的后沿的功率。

其中，要进行优化的参数为 c、d 和 f，用来分别精确地调整紧接 3T 空区的 3T、4T 和 5T 标记的后沿，使它们达到精确的标记游程长度。

因此，根据表二所示的 EFM 编码规则的标记样本数量分布，可以定义 3 个权重系数来描述 3T、4T 和 5T 标记的样本分布情况。 $cp=0.31 \times 0.31=0.096$ 指示受参数 c 直接影响的 3T 标记的样本数量所占的百分比， $dp=0.31 \times 0.22=0.068$ 指示受参数 d 直接影响的 4T 标记的样本数量所占的百分比， $fp=0.31 \times 0.17=0.053$ 指示受参数 f 直接影响的 5T 标记的样本数量所占

的百分比。

因此，对应于 Eq. (1) 表示的标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量的变换关系为：

$$\begin{bmatrix} d\text{PhyLc} \\ d\text{PhyLd} \\ d\text{PhyLf} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.904 & -0.068 & -0.053 \\ -0.096 & 0.932 & -0.053 \\ -0.096 & -0.068 & 0.947 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\text{MarkRL}(3\text{T})3\text{T} \\ \Delta\text{MarkRL}(3\text{T})4\text{T} \\ \Delta\text{MarkRL}(3\text{T})5\text{T} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (11)}$$

使用与实施例 A 相同的方法，就可以对参数 c、d 和 f 同时进行优化，从而特别控制紧接 3T 空区的 3T、4T 和 5T 标记。

本发明的优化方法的实施例 G 是在与实施例 F 相同的光盘上进行的光盘刻写的多参数优化，使用如表六所示的“2T 刻写策略”来控制标记的刻写。

区别在于，使用表八所示的激光脉冲模式控制紧接 3T 空区的 3T 标记、紧接 4T 空区的 4T 标记、和紧接 5T 空区的 5T 标记的刻写，代替表七对紧接 3T 空区的 3T、4T 和 5T 标记后沿的控制。

表八 实施例 G 中使用的刻写策略的特殊部分

(3T 空区)3T 标记
eeewwww wwwbbbb bbbcccee
(4T 空区)4T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbwww wbbbbdde
(5T 空区)5T 标记
eeewwww wbbbbbbb bbbbbbwww wwwwwwb bbbfffee

表八中，字母 w 表示刻写功率，e 表示擦除功率，b 表示冷却功率，参数 c 是用于精确调整紧接 3T 空区的 3T 标记的后沿的功率，参数 d 是用于精确调整紧接 4T 空区的 4T 标记的后沿的功率，参数 f 是用于精确调整紧接 5T 空区的 5T 标记的后沿的功率。

其中，要进行优化的参数为 c、d 和 f，用来分别精确地调整紧接 3T 空区的 3T、紧接 4T 空区的 4T 标记、和紧接 5T 空区的 5T 标记的后沿，使它们达到精确的标记游程长度。

因此，根据表二所示的 EFM 编码规则的标记样本数量分布，可以定义 3 个权重系数来描述 3T、4T 和 5T 标记的样本分布情况。cp=0.31×0.31=0.096 指示受参数 c 直接影响的 3T 标记的样本数量所占的百分比，dp=0.22×0.22=0.048 指示受参数 d 直接影响的 4T 标记的样本数量所占的百分比，fp=0.17×0.17=0.029 指示受参数 f 直接影响的 5T 标记的样本数量所占的百分比。

因此，对应于 Eq. (11) 表示的标记游程长度的变化量与标记物理长度的变化量的变换关

系为：

$$\begin{bmatrix} dPhyLc \\ dPhyLd \\ dPhyLf \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.904 & -0.048 & -0.029 \\ -0.096 & 0.952 & -0.029 \\ -0.096 & -0.048 & 0.971 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta MarkRL(3T)3T \\ \Delta MarkRL(4T)4T \\ \Delta MarkRL(5T)5T \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (12)}$$

使用与实施例 A 相同的方法，就可以对参数 c、d 和 f 同时进行优化，从而特别控制紧接 3T 空区的 3T 标记、紧接 4T 空区的 4T 标记、和紧接 5T 空区的 5T 标记的刻写。

以上结合附图详细描述了本发明的多种实施例，这些实施例以及附图仅是为了说明本发明的思想、内容以及应用。对于本技术领域内熟练的技术人员而言，根据以上描述的内容作出各种变化和修改是显而易见的，因此，都不能脱离本发明的精神和范围。本发明保护范围以权利要求的记载为准。

说明书附图

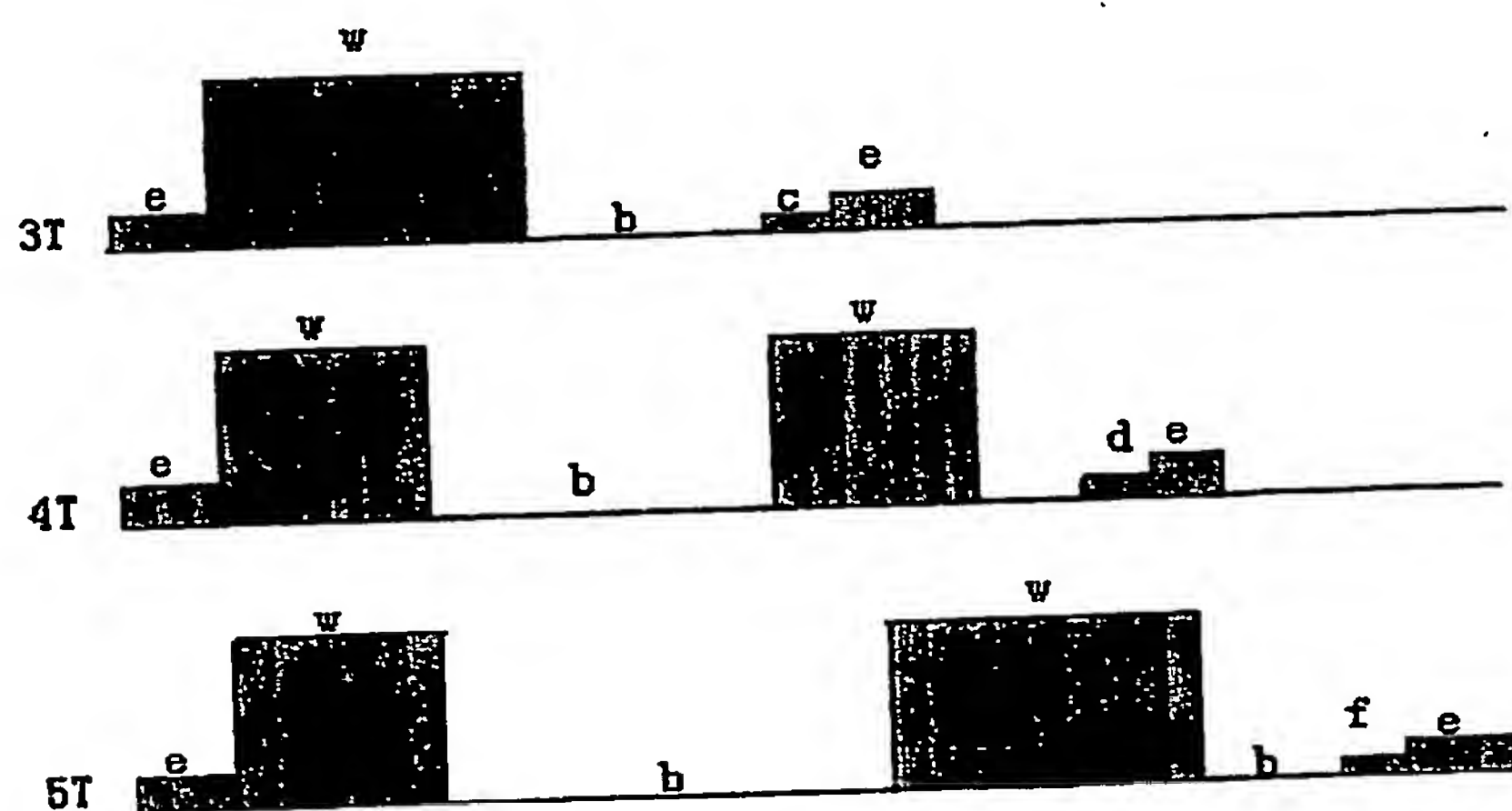


图 1

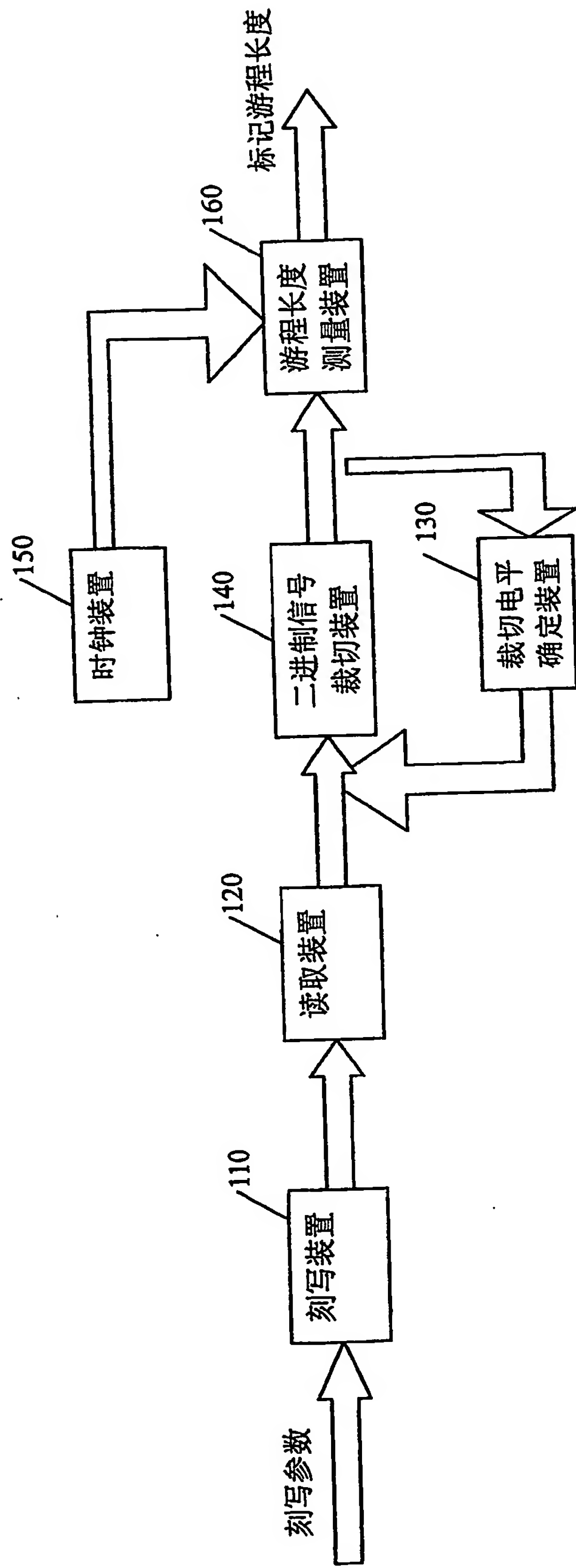


图 2

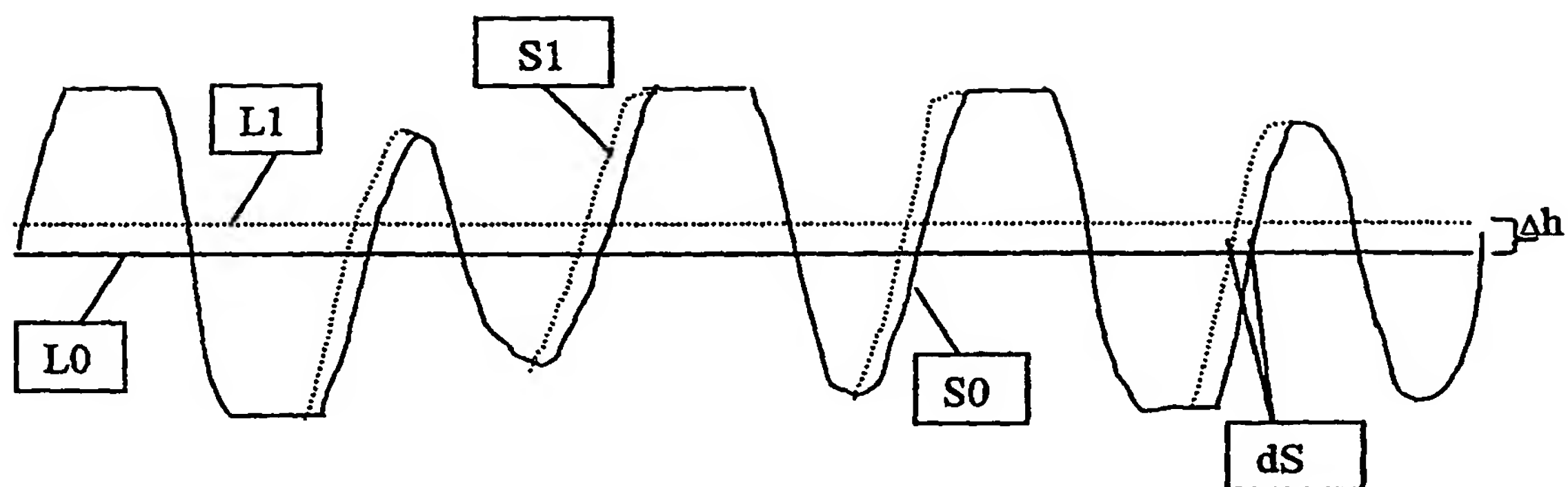


图 3

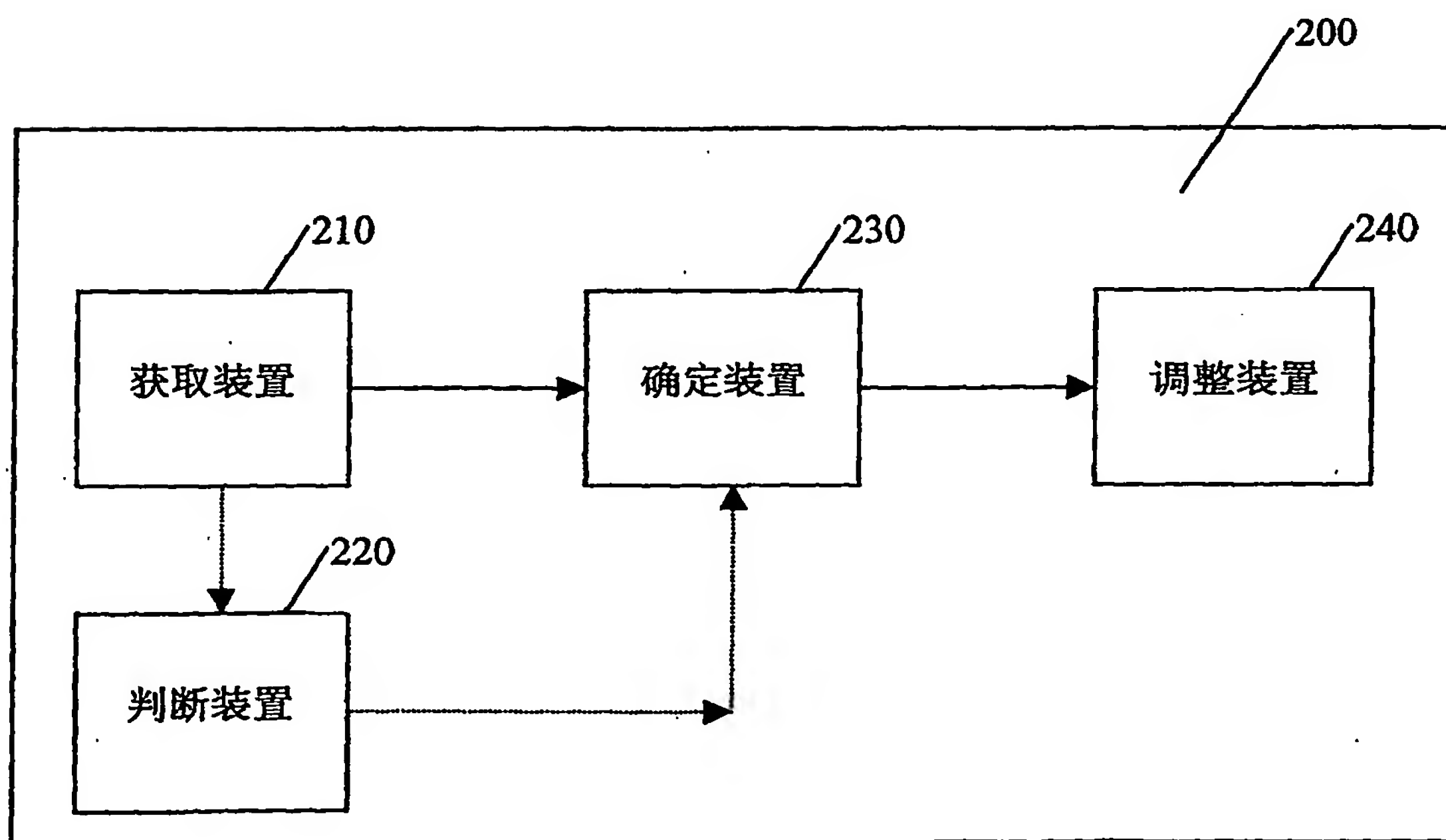


图 4

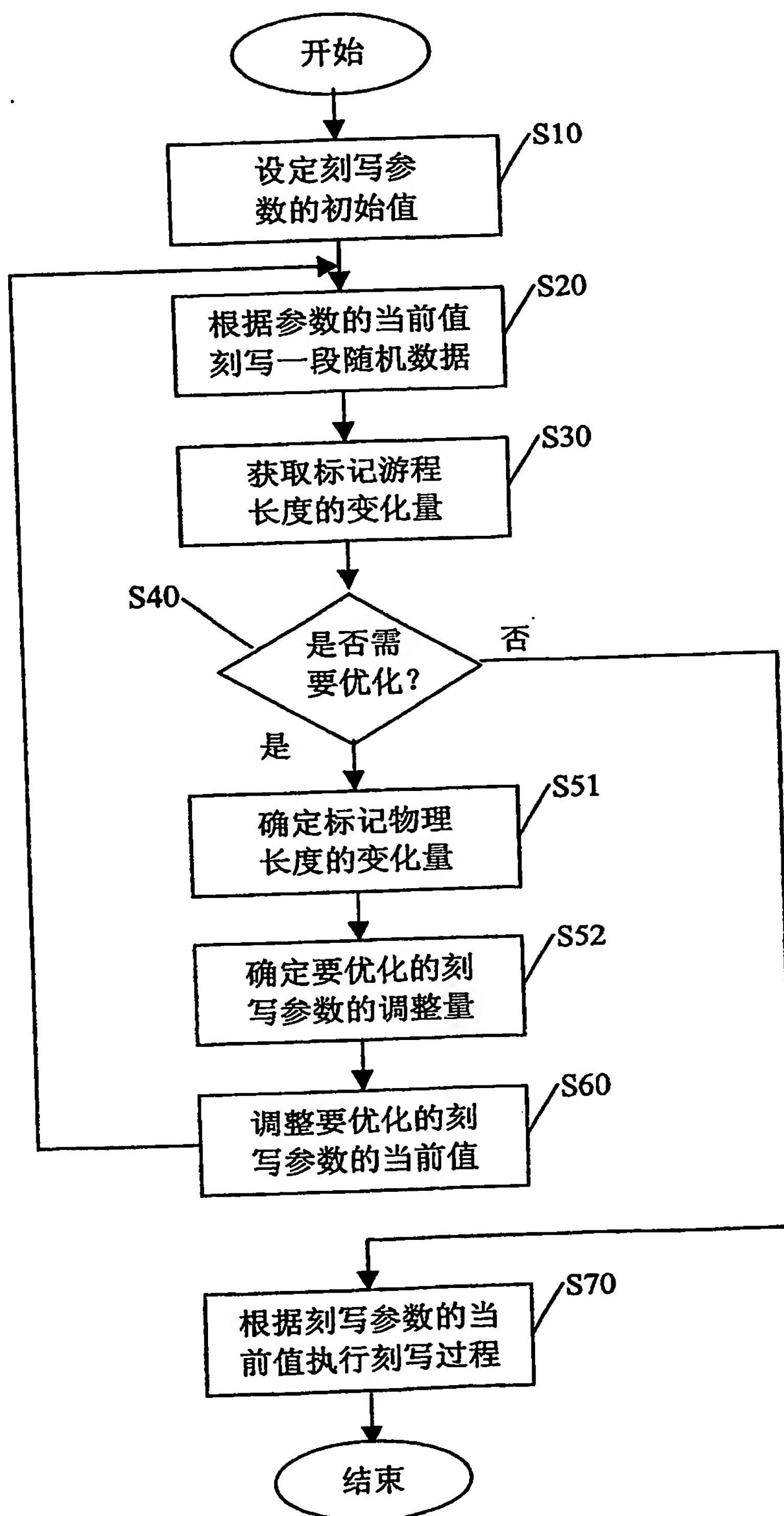


图 5

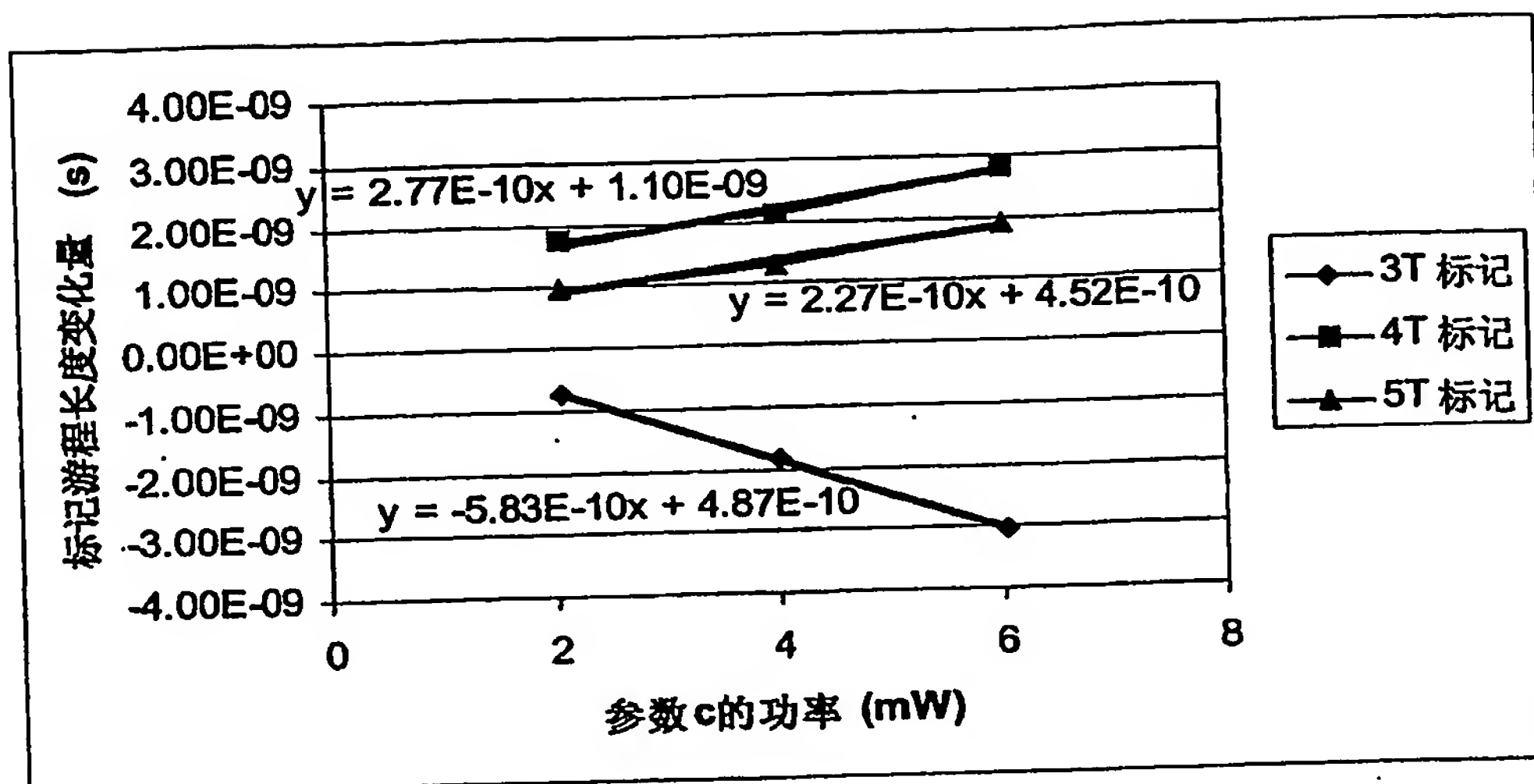


图 6

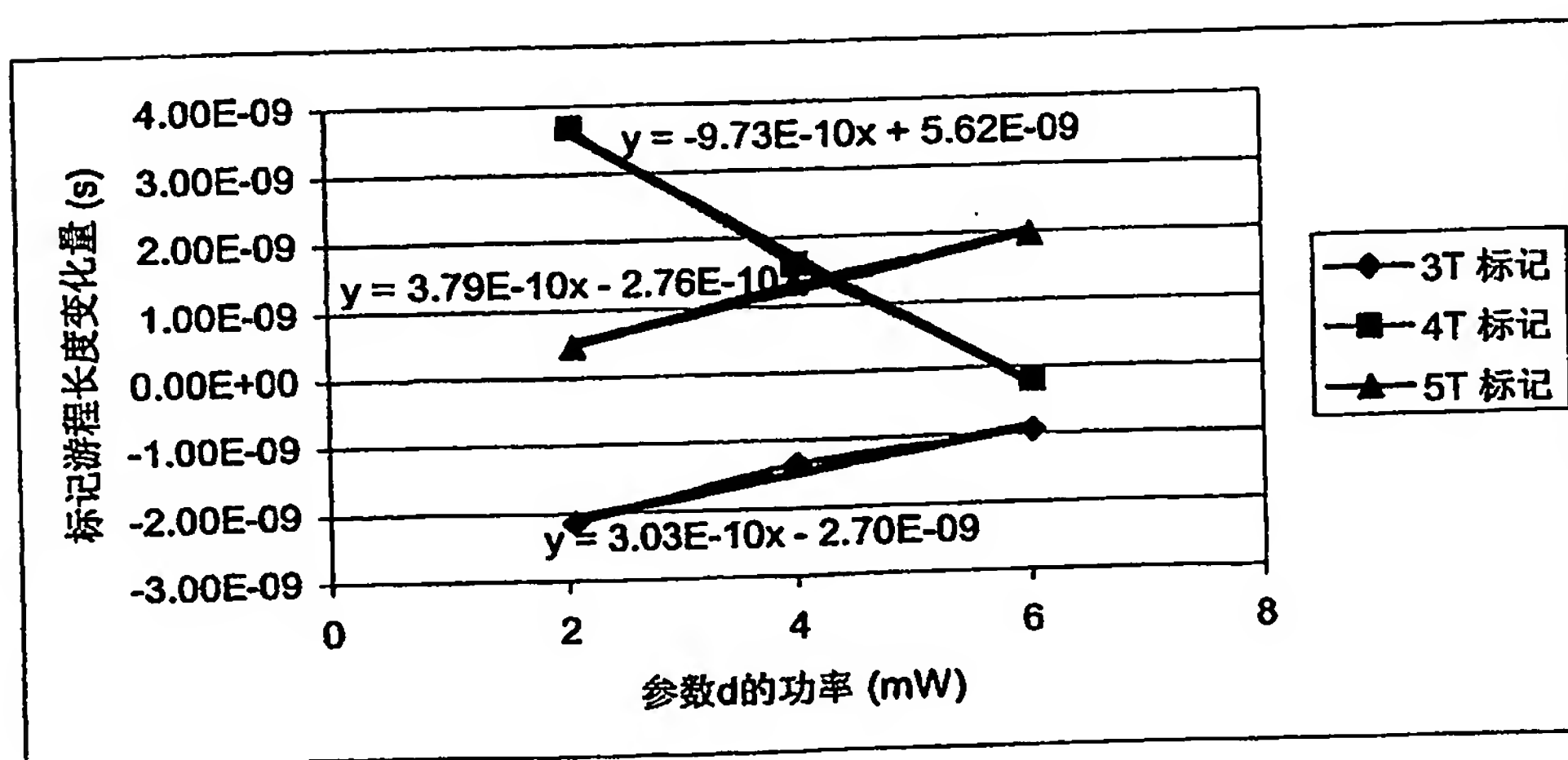


图 7

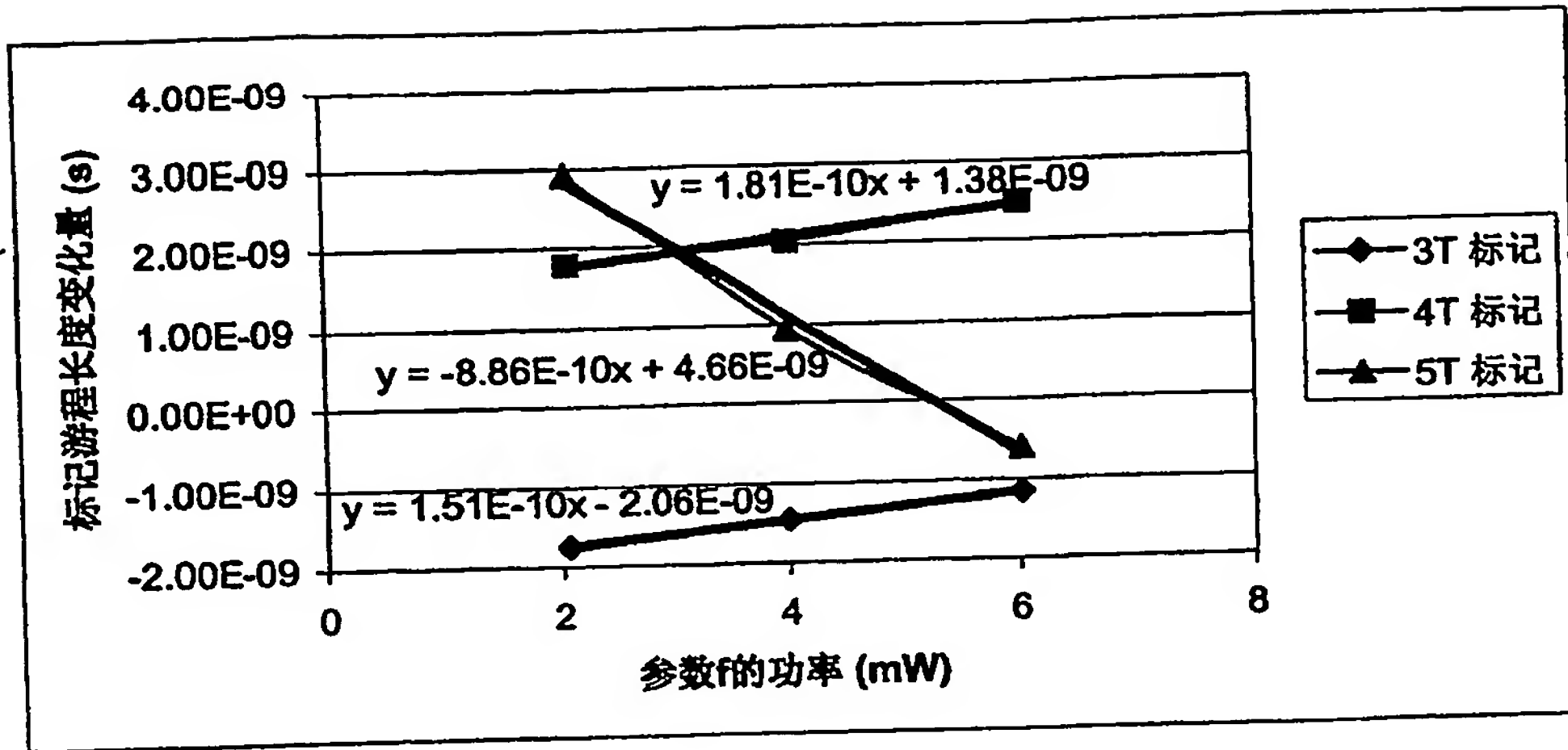


图 8

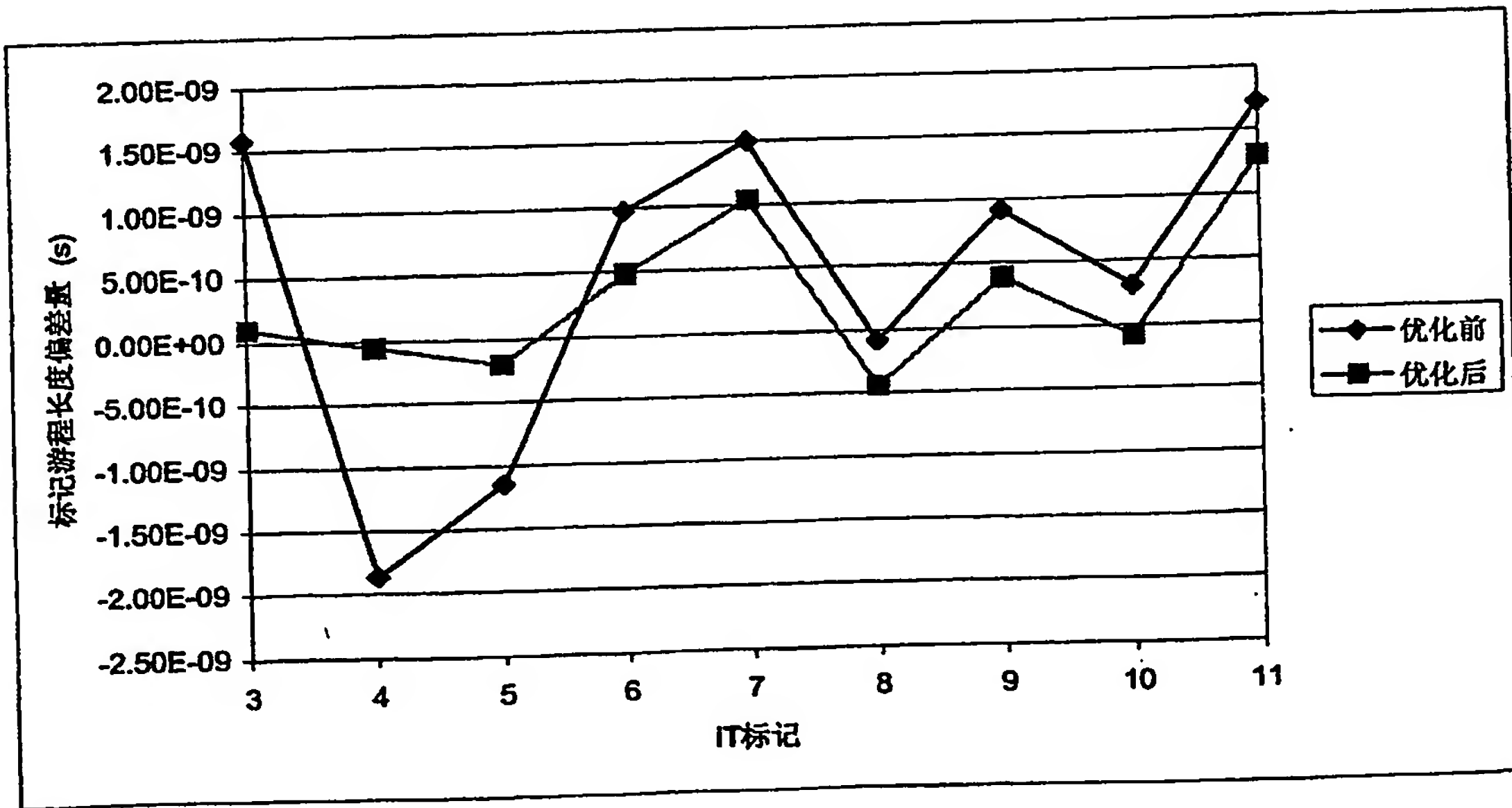


图 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.